

**Modular aufgebauter statischer Mikrovermischer**

**Patent number:** DE20206371U  
**Publication date:** 2002-06-27  
**Inventor:**  
**Applicant:** EHRFELD MIKROTECHNIK GMBH (DE)  
**Classification:**  
**- international:** B01F5/06  
**- european:** B01F5/04C; B01F13/00M; B01F15/04G; B01J19/00R;  
B29C67/00L; B81B1/00  
**Application number:** DE20022006371U 20020423  
**Priority number(s):** DE20022006371U 20020423

**Report a data error here**

Abstract not available for DE20206371U

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



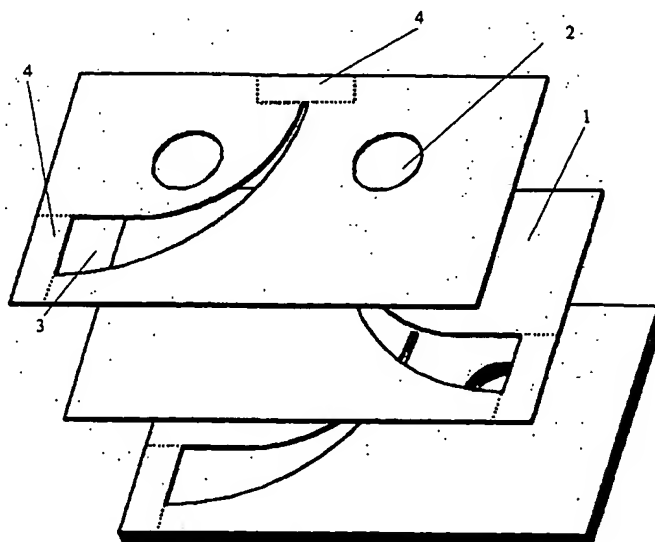
21	Aktenzeichen:	202 06 371.2
22	Anmeldetag:	23. 4. 2002
47	Eintragungstag:	27. 6. 2002
43	Bekanntmachung im Patentblatt:	1. 8. 2002

- 73 Inhaber:  
Ehrfeld Mikrotechnik GmbH, 55234 Wendelsheim,  
DE
- 74 Vertreter:  
Dr. Meyer-Dulheuer, 60594 Frankfurt

Rechercheantrag gem. § 7 Abs. 1 GbmG ist gestellt

54 Modular aufgebauter statischer Mikrovermischer

57 Modular aufgebauter statischer Mikrovermischer für ein Mikroreaktorsystem, das aus einer Vielzahl von schlüssig aneinandergereihten Platten besteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Platten Aussparungen aufweisen, wobei die einzelnen Segmente der Platten durch Verbindungselemente miteinander verbunden sind und diese Verbindungselemente nach dem Zusammenfügen der Platten entfernt werden, wobei die Aussparungen der Platten zueinander versetzt angeordnet sind und so eine Vielzahl von Stoffkanälen erhalten werden, in denen die zu mischenden Stoffströme der Mischkammer zugeführt werden.



## 5 Modular aufgebauter statischer Mikrovermischer

- 10 Die Erfindung betrifft einen modular aufgebauten statischen Mikrovermischer für die getrennte Zufuhr von zu mischenden oder zu dispergierenden Stoffen in eine Mischkammer gemäß des Oberbegriffs des Hauptanspruchs.

- Bei statischen Mischern wird das Mischen durch das Aufteilen der Stoffströme in Teilströme und die anschließende Wiederezusammenführung dieser Teilströme zu einem Gesamtstoffstrom bewerkstelligt; der Mischvorgang ist bei statischen Mischvorgang ausschließlich diffusionskontrolliert. Bei dynamischen Mischvorgängen hingegen geschieht das Mischen unter Verwendung eines mechanisch betriebenen Rührers, d.h., das Mischen der Stoffströme erfolgt durch Konvektion. Besonders bei kleinen Volumina liefert der statische Mischvorgang eine sehr viel bessere Durchmischung der einzelnen Stoffkomponenten als dies unter Verwendung von Konvektion erfolgen kann; folglich ist es bei diffusionskontrollierten Mischvorgängen von besonderer Vordringlichkeit, durch das gezielte Einleiten der Stoffströme die Effektivität des Mischvorgangs zu verbessern und den jeweiligen Problemen anzupassen.

- Die deutsche Patentanmeldung DE 199 28 123 beschreibt einen statischen Mikrovermischer bestehend aus mindestens einer Mischkammer und einem vorgeschalteten Führungsbauteil für die getrennte Zufuhr der zu mischenden Stoffe. Der Mikrovermischer ist hierbei mit schräg verlaufenden schlitzförmigen Kanälen durchzogen, die sich erst beim Eintritt in die Mischkammer kreuzen und dort in diese münden.

- Die deutsche Patentanmeldung DE 197 48 481 beschreibt einen statischen Mikrovermischer und Mikroreaktor für die getrennte Zufuhr von zu mischenden Fluiden. Hierbei besteht das Führungsbauteil aus mit Nuten versehenen Folien, die beim Übereinanderschichten eine genau vorgegebene Anzahl von Kanälen

- 5 für die zu mischenden Fluide A und B bilden. Nachteilig an dieser Ausgestaltung ist, dass das Führungsbauteil nicht durch die Variation der Dimensionierung der Stoffkanäle dem individuellen Mischproblem angepasst werden kann. Zudem ist die Herstellung der Nuten in den Folien mit hohen Kosten und nur unter großem maschinellen Aufwand mit entsprechender Präzision möglich.

10

- Die deutsche Patentanmeldung DE 199 27 556 beschreibt einen statischen Mikrovermischer für zwei oder mehr Edukte bestehend aus stapelförmig angeordneten Platten. Diese Platten weisen Ausnehmungen auf, die zusammen einen Hauptkanal zum Abführen der Produkte und Nebenkanäle zum Zuführen der einzelnen Edukte bilden, wobei sich diese Kanäle durch den gesamten Stapel erstrecken. Der große Nachteil dieser Anordnung ist, dass es bei Mischen der Edukte im Hauptkanal zur Reaktion der Edukte kommen kann und die so gebildeten Produkte als Verunreinigungen den Hauptkanal kontaminieren. Eine Reinigung des entsprechenden Hauptkanals ist aufgrund der sehr kleinen Dimensionierung nur sehr bedingt möglich.
- 15
- 20

- Der im Patentanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, einen modular aufgebauten statischen Mikrovermischer für ein Mikrosystem bereit zu stellen, der zum einen eine variable und kostengünstige Ausgestaltung der Stoffkanäle aufweist und zum anderen sicherstellt, dass sich keine Verunreinigungen innerhalb des Mikrovermischers ablagern können. Zudem soll der Mikrovermischer die Vermischung von mindestens zwei oder mehr Komponenten gestatten, den jeweiligen Mischaufgaben individuell anpassbar sein und zudem kostengünstig und einfach hergestellt werden können.
- 25

30

- Dieses Problem wird durch den im Patentanspruch 1 beschriebenen modular aufgebauten statischen Mikrovermischer gelöst. Dieser Mikrovermischer besteht aus einer Vielzahl schlüssig aneinander gereihter dünner Platten, die in einer bestimmten Abfolge zueinander angeordnet sind, so dass eine Vielzahl von unterschiedlichen Stoffkanälen erhalten werden, in denen die zu mischenden Stoffströme aus jeweils getrennt vorliegenden Behältern der Mischkammer direkt zugeführt werden. Durch den so beschriebenen Aufbau ist es möglich,
- 35

- 5 die Stoffkanäle variabel zu gestalten und zudem ist die Herstellung der benötigten Ausnehmungen durch mechanische oder chemische Behandlung der Platten sehr kostengünstig und einfach möglich. Des weiteren stellt diese Ausgestaltung sicher, dass keine Ablagerungen von Verunreinigungen im Inneren des schwer zu reinigenden Mikrovermischers erfolgen können.

10

- In einer vorteilhaften Ausgestaltung werden die zum Aufbau des modular aufgebauten statischen Mikrovermischer verwendeten Platten aus Metall, einer Metalllegierung, Kunststoff, Keramik oder Glas hergestellt. Die Ausnehmungen in den Platten werden durch Stanzen, Ätzen, Drahterodieren oder durch die Bestrahlung mittels eines Lasers hergestellt. Als eine weitere vorteilhafte Variante zur Herstellung dieser Platten bietet sich die schichtweise Laserschmelze von Metallpulvern an, wobei die Bereiche der Ausnehmungen nicht aufgeschmolzen werden und das dort befindliche Metallpulver nachträglich leicht entfernt werden kann. Eine weitere Herstellungsvariante zur Herstellung dieser Platten aus Kunststoff besteht in der schichtweisen, lichtinduzierten Polymerisation von Kunststoffen (Rapid Prototyping), wobei die Ausnehmungen nicht belichtet werden und der an dieser Stelle nicht polymerisierte Kunststoff anschließend leicht entfernt werden kann. Bei der Verwendung von Keramik bietet sich die schichtweise Lasersinterung an, wobei die Bereiche der Ausnehmungen nicht gesintert werden und so das nicht aufgeschmolzene Keramikpulvers leicht nachträglich entfernt werden kann. Bestehen die Platten aus Metall oder einem elektrisch leitfähigen Keramikmaterial, so können die Ausnehmungen auch mittels Drahterosion kostengünstig und zudem mit einem Höchstmaß an Präzision hergestellt werden.

30

- Durch das stoff- und/oder kraftschlüssige Verbinden der einzelnen Platten wird so der erfindungsgemäße Mikrovermischer hergestellt. Durch gezielte Aneinanderreihung der Platten in verschiedener Reihenfolge ist es möglich, die Abmessungen der Stoffkanäle, gezielt zu bestimmen. Die einzelnen Folien können beispielsweise durch Diffusionsschweißen zu einem homogenen, vakuumdichten und druckfesten Mikrovermischer verbunden werden, wobei als Abschluss auf die jeweilige erste und letzte Folie eine Deckplatte anzubringen ist.

35

5

Zudem ist es ein großer Vorteil, um Reaktionen der Edukte innerhalb der Stoffkanäle zu vermeiden, dass sich die Stoffströme erst beim Eintritt in die Mischkammer treffen und nicht schon im vorgeschalteten Mikrovermischer. In einer bevorzugten Ausgestaltung vergrößern sich diese Stoffkanäle in Richtung der Eintrittsöffnung; durch die Vergrößerung des Kanalquerschnitts in Richtung der

10 Eintrittsöffnung; durch die Vergrößerung des Kanalquerschnitts in Richtung der Eintrittsseite reduziert sich der Reibungsverlust. Durch den modularen Plattenaufbau ist es möglich, die Abmessungen der Stoffkanäle dem jeweiligen Mischungsverhältnis optimal anzupassen. Die Ausführung der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

15

Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung der vorstrukturierten Platten in alternierender Abfolge,
- 20 Fig. 2 einen modular aufgebauten statischen Mikrovermischer bestehend aus vorstrukturierten Platten,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung des Mikrovermischers nach Entfernen der Verbindungselemente,
- 25 Fig. 4 eine Seitenansicht des Mikrovermischers nach Entfernen der Verbindungselemente,
- 30 Fig. 5 eine Draufsicht auf den Mikrovermischer nach Entfernen der Verbindungselemente,
- Fig. 6 eine Plattenfolge bei  $n$  zu mischenden Substanzen ( $n > 2$ ).

35

Fig. 1 zeigt den modularen Aufbau des statischen Mikrovermischers durch alternierende zueinander angeordneter Plattenfolge. Durch die stoff- und/oder

- 5 kraftschlüssige Aneinanderreihung verschiedener Platten 1 ist es möglich, einen modular aufgebauten statischen Mikrovermischer so auszugestalten, dass dieser eine Vielzahl von Stoffkanälen 3 aufweist, die erst beim Eintritt in die Mischkammer aufeinandertreffen. Die zum Aufbau des Mikrovermischers verwendeten Platten 1 weisen zudem Vorrichtungen zur Aufnahme von mindestens zwei
- 10 Fixierelementen 2 auf, mit denen es möglich ist, die Platten 1 in eine genau vorbestimmte Orientierung zu bringen. Zudem weisen die Platten 1 noch Verbindungselemente 4 auf, die erst nach der Orientierung und dem stoff- und/oder kraftschlüssigen Verbinden der Platten entfernt werden. An der Oberseite des Mikrovermischers, an die die Mischkammer angrenzt, werden die gemischten
- 15 Edukte direkt in die Mischkammer, hier nicht dargestellt, geleitet.

Fig. 2 zeigt das stoff- und/oder kraftschlüssige Verbinden der einzelnen Platten 1 zu einem modular aufgebauten statischen Mikrovermischer 5. Die in den Platten vorhandenen Aussparungen zur Aufnahme von Fixierelementen 2 dienen

20 zur Orientierung der Platten, wobei das zur Orientierung der Platten verwendete Werkstück nach deren Orientierung in den Aussparungen 2 verbleiben oder auch entfernt werden kann. Durch die Anzahl an Platten in gleicher Orientierung ist es möglich, die Dimensionierung der Stoffkanäle gezielt zu beeinflussen und entsprechend den erforderlichen Mischbedingungen anzupassen. Nach erfolg-

25 ter Orientierung und Aneinanderreihung der Platten 1 werden die Verbindungselemente 4 mechanisch oder chemisch entfernt. Hierbei bietet sich vorzugsweise die Drahterosion oder das mechanische Stanzen an.

Fig. 3 zeigt einen Mikrovermischer 5 nach Entfernen der Verbindungselemente 4; die Stoffkanäle sind freigelegt und können von den Edukten durchströmt

30 werden.

Fig. 4 zeigt die seitliche Ansicht des Mikrovermischers 5, aufgebaut aus einzelnen Platten 1. Nach der Entfernung der Verbindungselemente 4 ist das Einleiten der Edukte durch die Stoffeintrittsöffnungen 6 in die Stoffkanäle 3 möglich.

35

- 5 Fig. 5 zeigt die Draufsicht des Mikrovermischers nach Entfernung der Verbindungselemente 4. Durch die Stoffkanäle 3 werden die Edukte der Stoffaustrittsöffnung 7 zugeleitet. An die Stoffaustrittsöffnung schließt sich, hier nicht dargestellt, die Mischkammer an.
- 10 Fig. 6 zeigt die schematische Abfolge mehrerer Platten 1 bei  $n$  zu mischenden Substanzen ( $n > 2$ ). Die Platten 1 weisen entsprechende Aussparungen für Fixierelemente 2 und Stoffkanäle 3 auf; die Stoffkanäle 3 vergrößern sich in einer bevorzugten Ausgestaltung in Richtung der Eintrittsöffnung. Zudem weisen die Platten 1 Verbindungselemente 4 auf.
- 15 Fig. 7 zeigt einen modular aufgebauten statischen Mikrovermischer 5 nach der stoff- und/oder kraftschlüssigen Aneinanderreihung der Platten 1. Die verwendeten Platten weisen noch entsprechende Verbindungselemente auf, die erst durch mechanische oder chemische Nachbehandlung entfernt werden müssen.
- 20 Fig. 8 zeigt einen Mikrovermischer 5 für zu mischende Substanzen ( $n > 2$ ) nach der Entfernung der Verbindungselemente 4.



## 5 Bezugszeichenliste:

- |    |    |   |
|----|----|---|
| 10 | 1. | Platten                                       |
|    | 2  | Aussparungen zur Aufnahme von Fixierelementen |
|    | 3  | Aussparungen/Stoffkanäle                      |
|    | 4  | Verbindungselemente                           |
|    | 5  | Mikrovermischer                               |
| 15 | 6  | Stoffeintrittsöffnung                         |
|    | 7  | Stoffaustrittsöffnung                         |

## 5 Schutzansprüche:

- 10 1. Modular aufgebauter statischer Mikrovermischer für ein Mikroreaktorsystem, das aus einer Vielzahl von schlüssig aneinandergereihten Platten besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten Aussparungen aufweisen, wobei die einzelnen Segmente der Platten durch Verbindungselemente miteinander verbunden sind und diese Verbindungselemente nach dem Zusammenfügen
- 15 der Platten entfernt werden, wobei die Aussparungen der Platten zueinander versetzt angeordnet sind und so eine Vielzahl von Stoffkanälen erhalten werden, in denen die zu mischenden Stoffströme der Mischkammer zugeführt werden.
- 20 2. Mikrovermischer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten aus Metall, einer Metalllegierung, Kunststoff, Keramik oder Glas bestehen.
- 25 3. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stoffkanäle durch Stanzen, Ätzen, Drahterodieren oder durch die Bestrahlung mittels eines Lasers hergestellt werden.
- 30 4. Mikrovermischer nach Anspruch 3, **dadurch charakterisiert**, dass die Platten durch schichtweise Laserschmelze von Metallpulver hergestellt werden, wobei die Kanalbereiche nicht aufgeschmolzen werden und durch nachträgliches Entfernen des nicht geschmolzenen Pulvers gebildet werden.
- 35 5. Mikrovermischer nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten durch schichtweise Polymerisation eines Kunststoffs (Rapid Prototyping) hergestellt werden, wobei die Kanalbereiche nicht belichtet werden und durch nachträgliches Entfernen des nicht belichteten Kunststoffs gebildet werden.

5

6. Mikrovermischer nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten durch schichtweises Lasersintern von Keramikpulver hergestellt werden, wobei die Kanalbereiche nicht gesintert und durch nachträgliches Entfernen des nicht gesinterten Keramikpulvers gebildet werden.

10

7. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Stoffkanäle erst beim Eintritt in die Mischkammer treffen.

15

8. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abmessungen der Stoffkanäle durch die schlüssig aneinandergereihten Platten bestimmt werden.

20

9. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stoffkanäle in Richtung Eintrittsöffnung sich vergrößern.

10. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Mischungsverhältnis durch die Abmessungen der Stoffkanäle bestimmt wird.

25

11. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

12. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten kraftschlüssig miteinander verbunden sind.

30

Fig.1

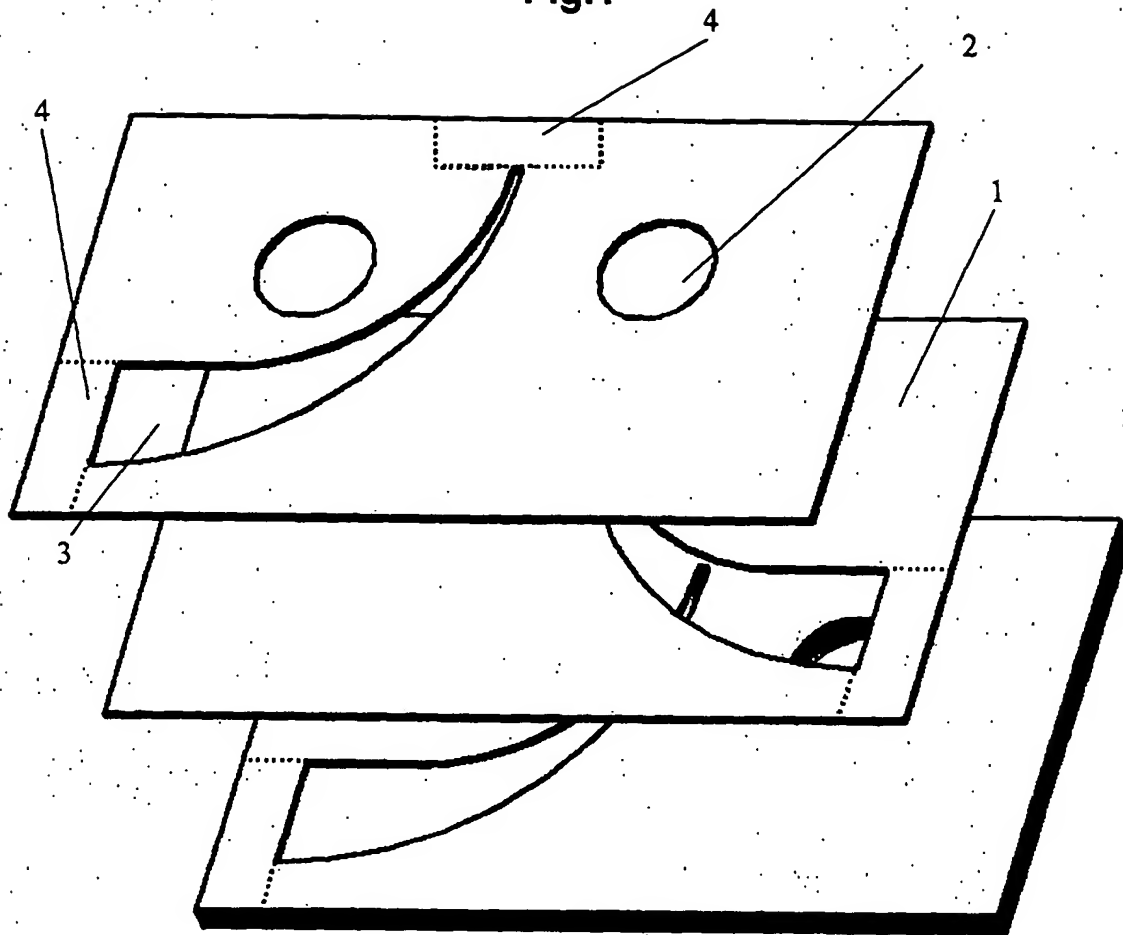
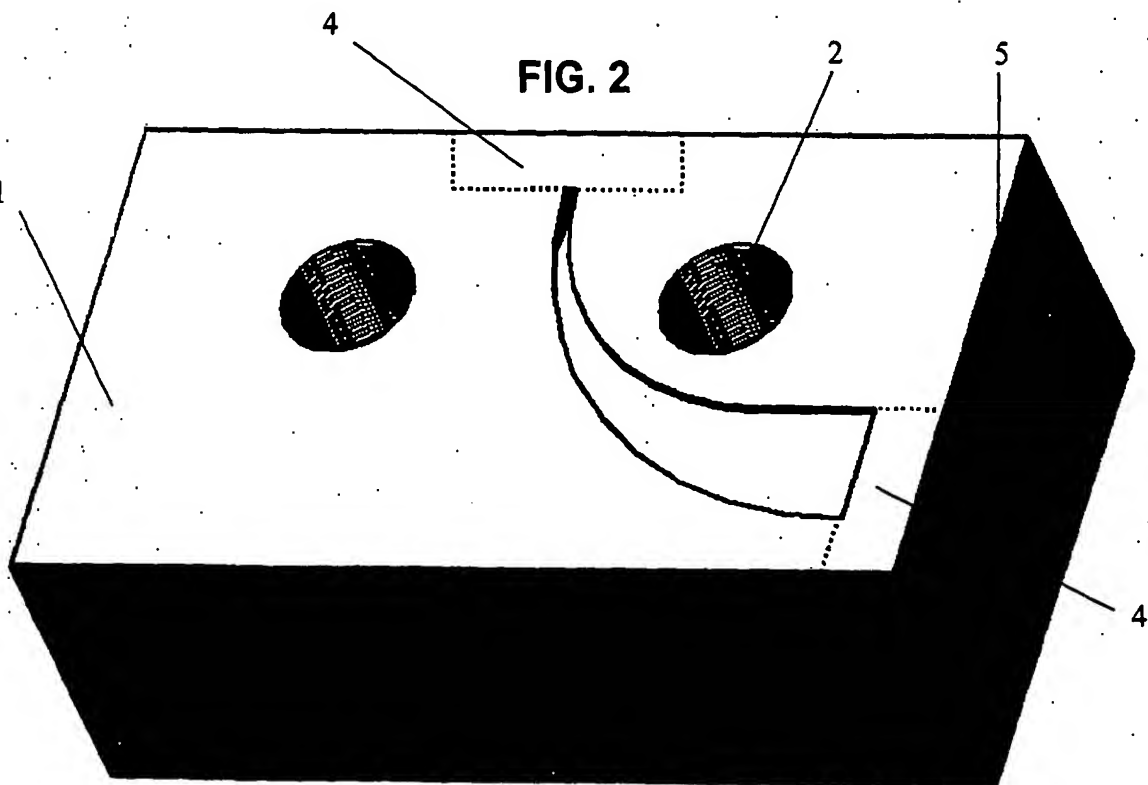


FIG. 2



11 37 06 20 77

Fig. 3

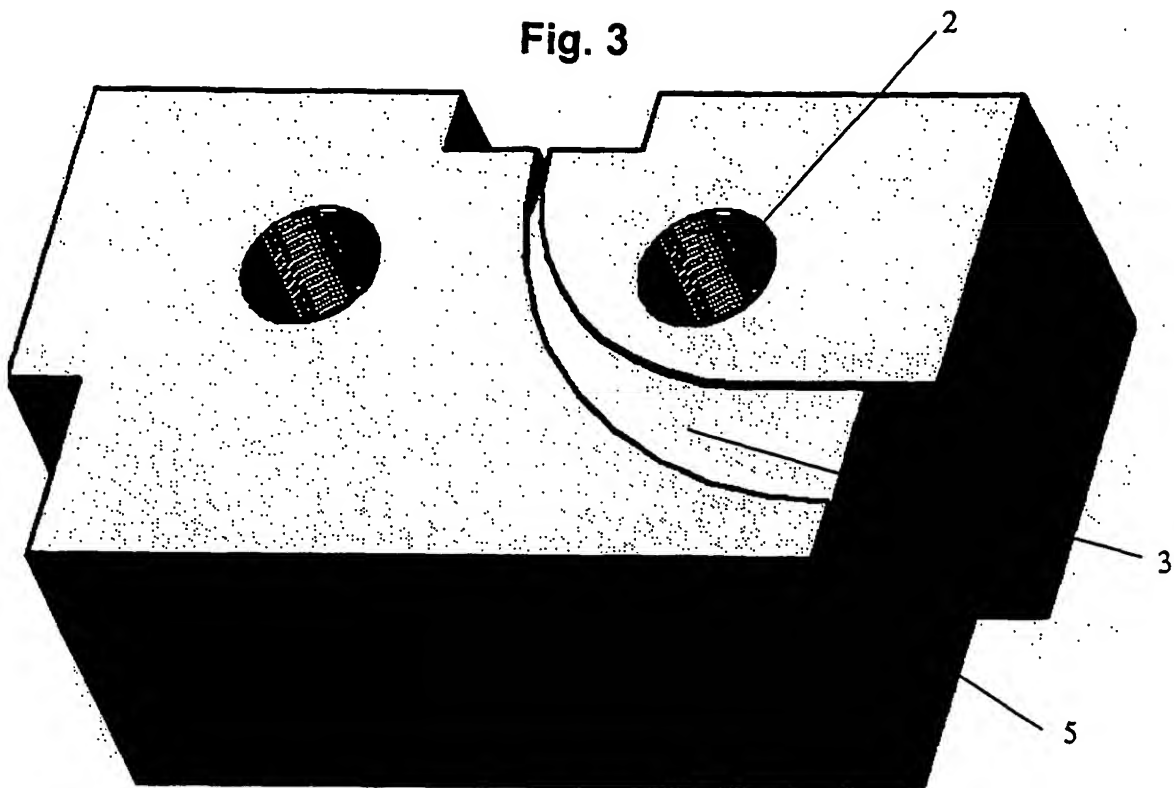
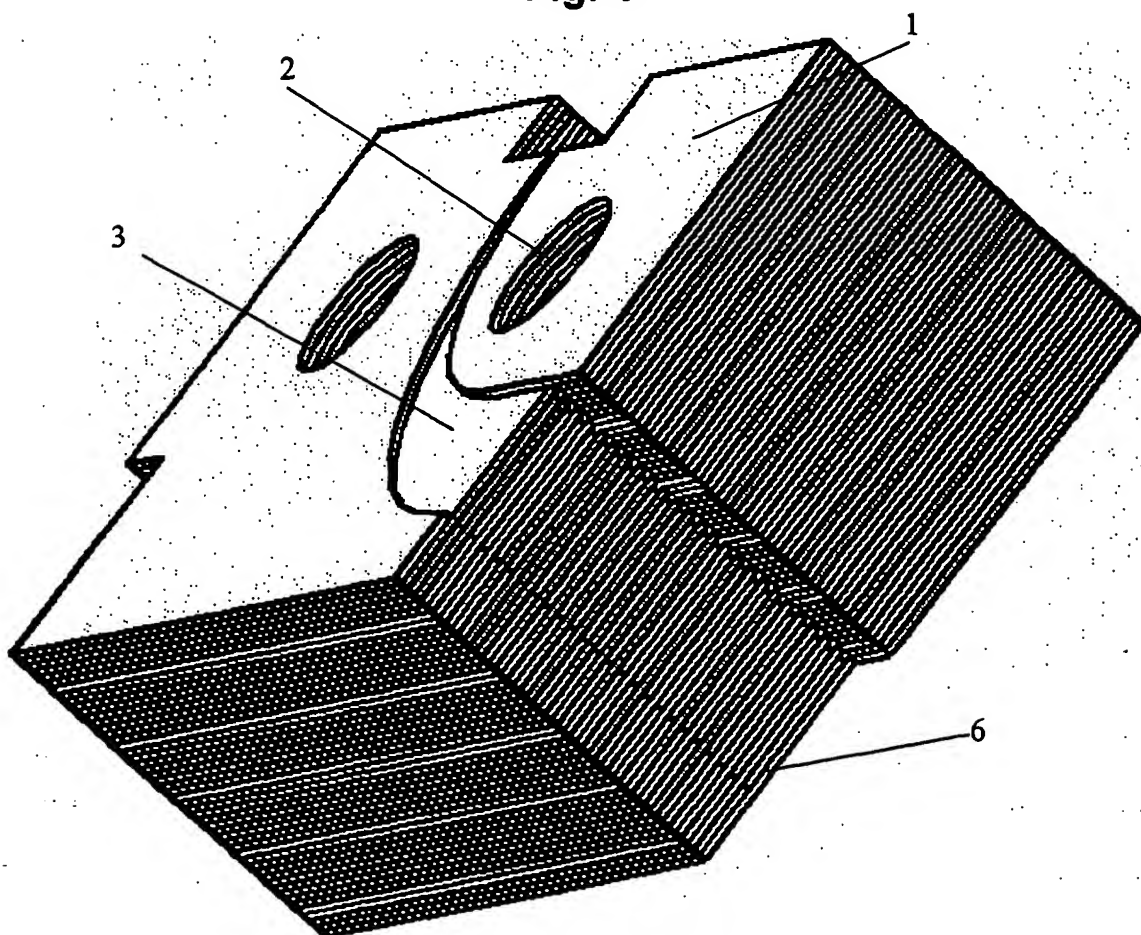


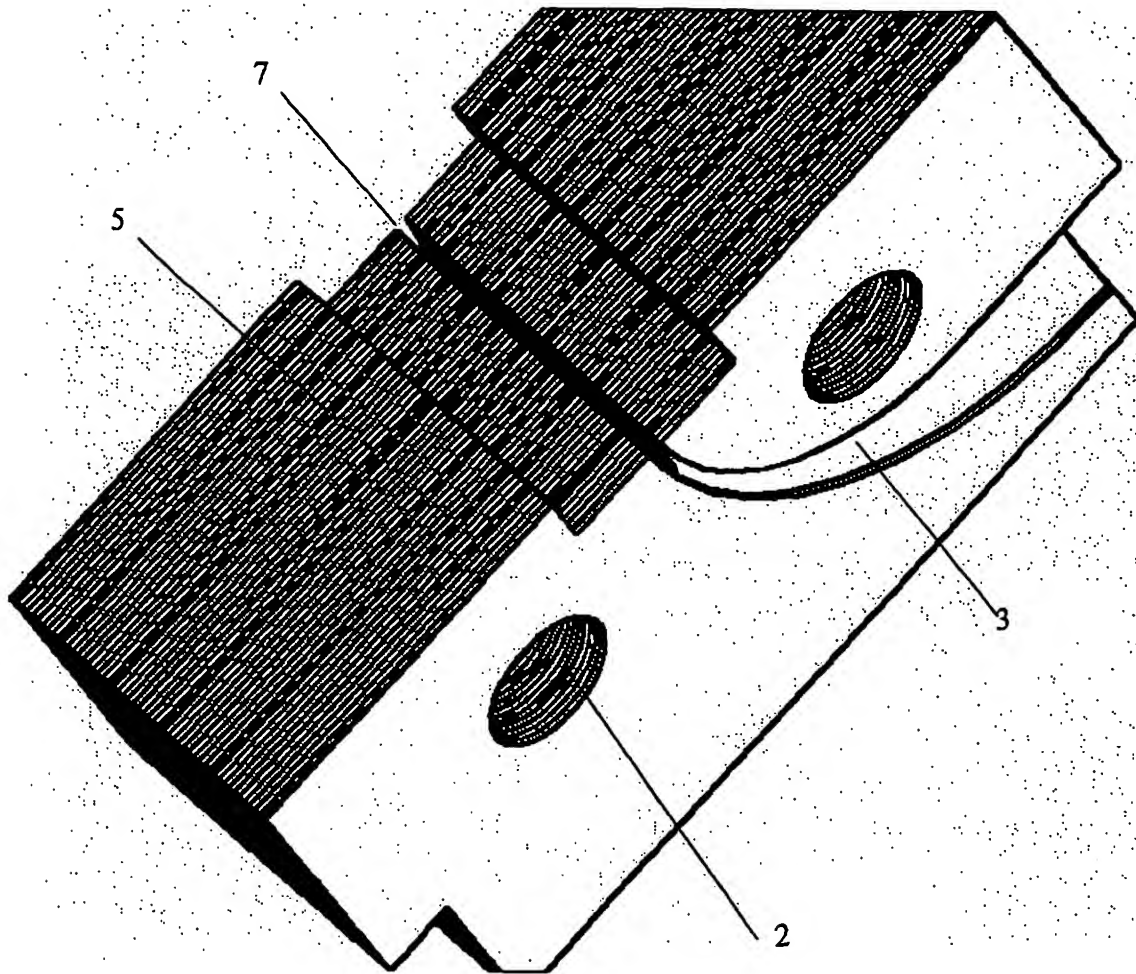
Fig. 4



11 37 06 20 77

U.S. PAT. OFF. PUBL.

Fig. 5



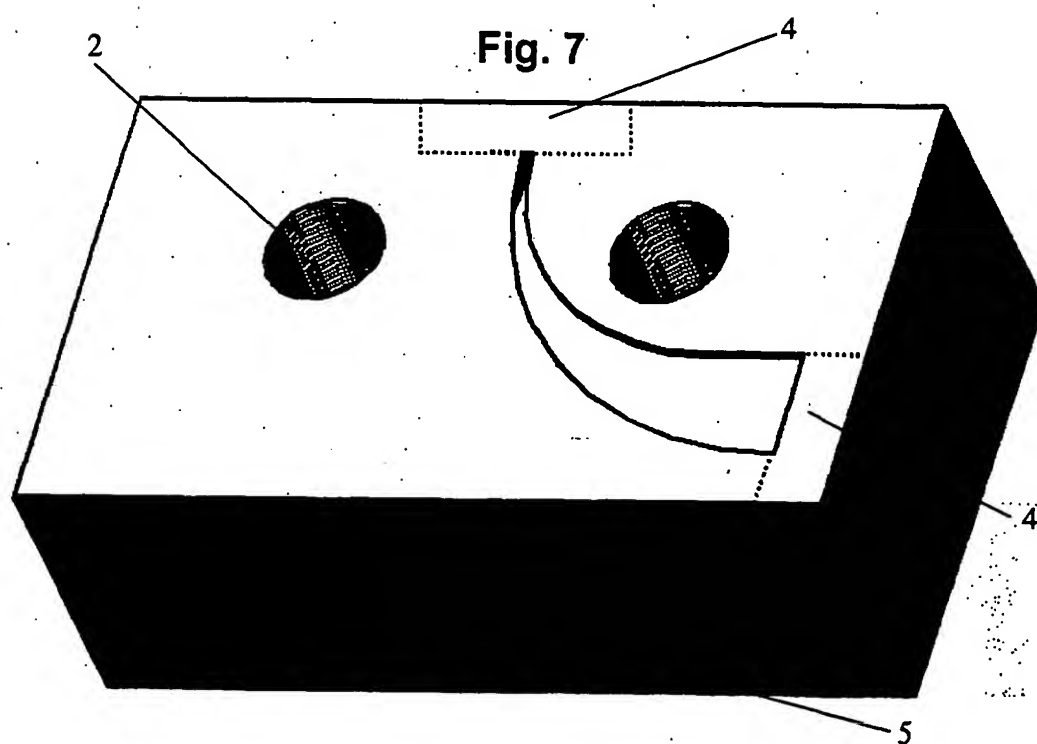
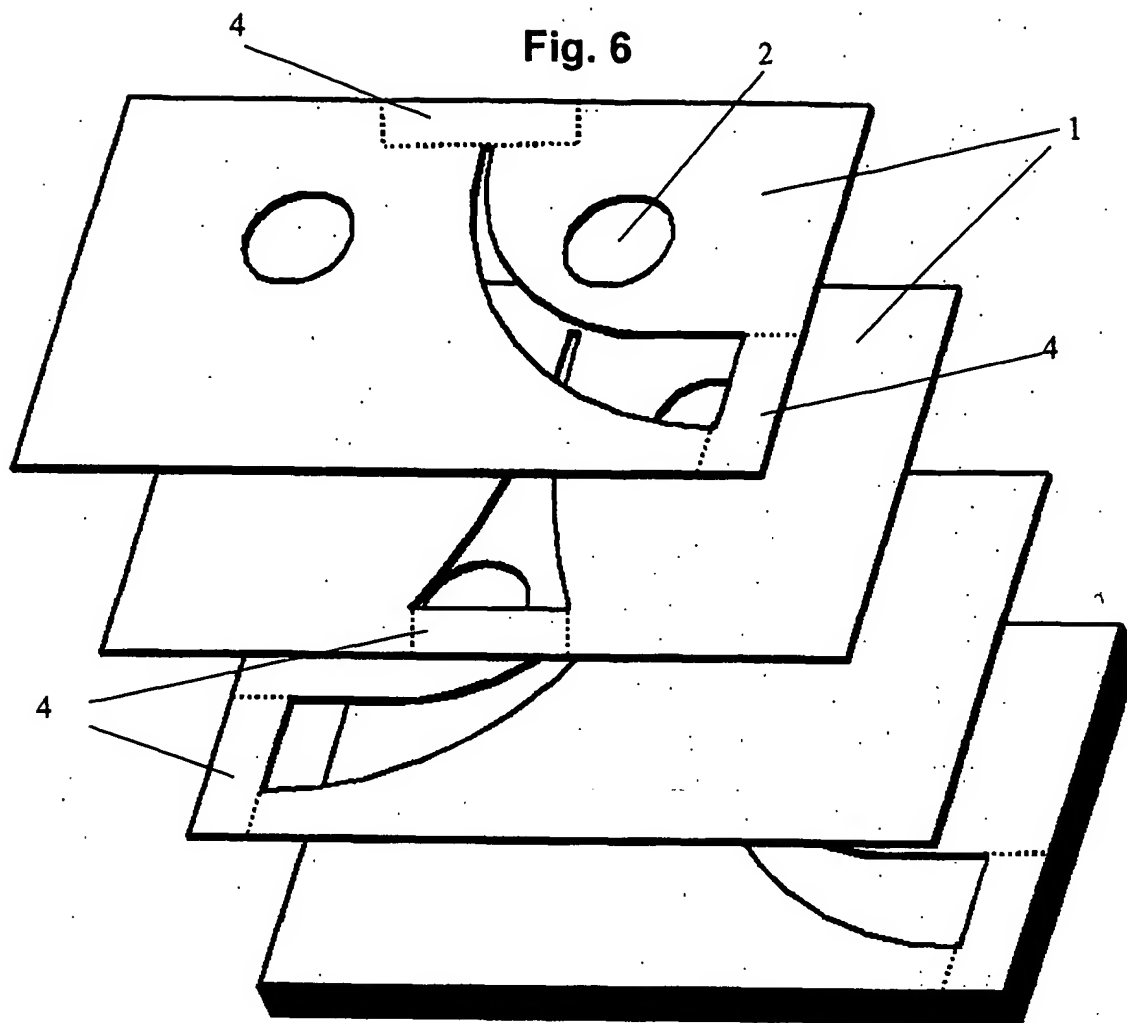
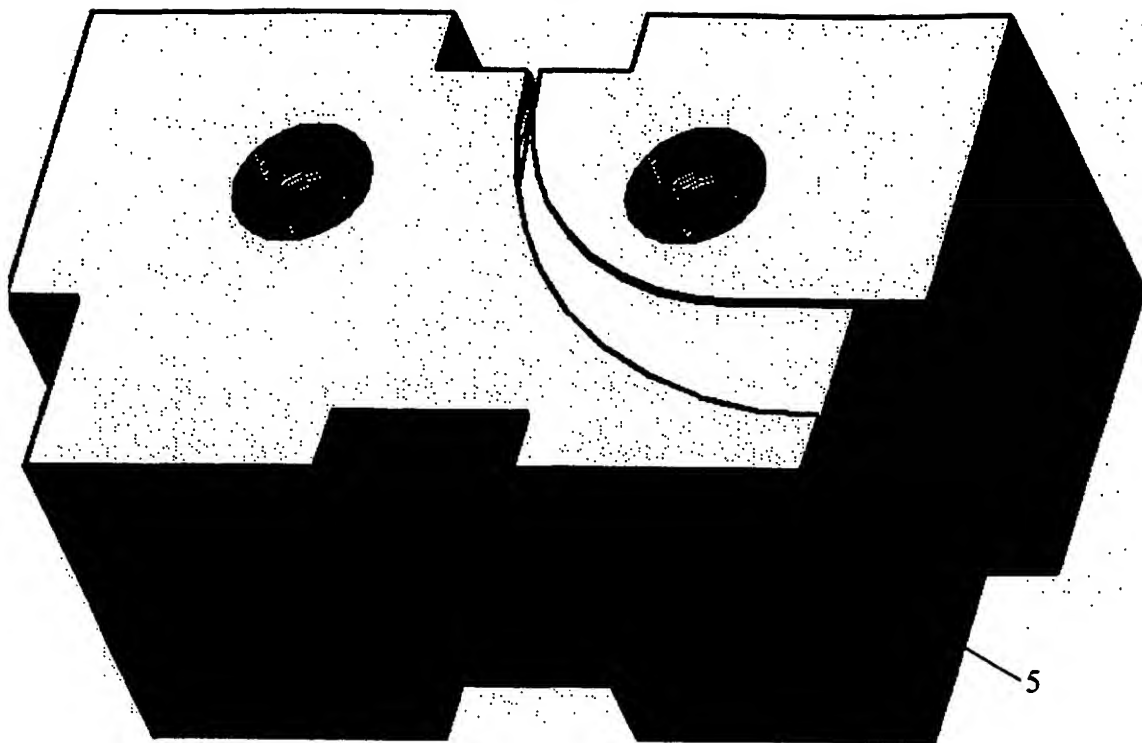


Fig. 8





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**